

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-271727  
 (43)Date of publication of application : 20.10.1995

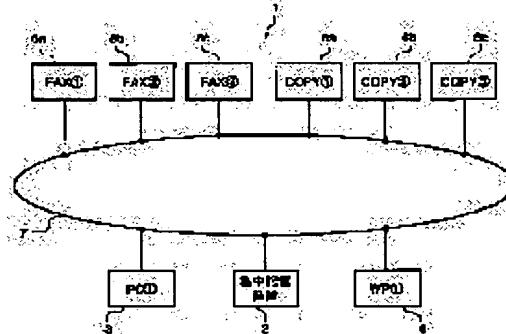
(51)Int.CI. G06F 15/00  
 G06F 15/16  
 G06F 15/16

(21)Application number : 06-083917 (71)Applicant : CANON INC  
 (22)Date of filing : 30.03.1994 (72)Inventor : MORIYA KOJI

## (54) INFORMATION PROCESSING SYSTEM AND METHOD AND DEVICE FOR INFORMATION PROCESSING

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide the information processing system which enables a user to recognize the operation states of plural information processors altogether at a time.  
**CONSTITUTION:** Discrimination information and operation state information on plural facsimile equipments 5a-5c and copying machines 6a-6c are inputted on their console panels, the inputted discrimination information and operation state information are sent by their CPU's to a centralized storage device 2 and gathered and stored, and the stored discrimination information and operation state information are displayed on the display unit of a personal computer 3 or a word processor 4.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-281727

(43)公開日 平成7年(1995)10月27日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 05 B 23/02		G 7531-3H		
F 28 D 15/00				
F 28 F 27/00	5 1 1 G			
			G 21 C 17/00	E
		8724-5L	G 06 F 15/20	D
			審査請求 未請求 請求項の数 3 O.L (全 24 頁)	最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-67009

(22)出願日 平成6年(1994)4月5日

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 峯瀬 正祥

兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社産業システム研究所内

(72)発明者 寺下 尚孝

兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社産業システム研究所内

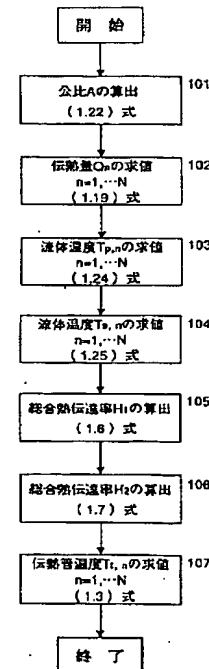
(74)代理人 弁理士 高田 守

## (54)【発明の名称】 热交換器内部状態のシミュレーション方法

## (57)【要約】

【目的】 热交換器の定常初期プロセスデータの作成作業を効率化する。

【構成】 热交換器の出入口流体温度、流体流量、分割した分割数について各分割部の伝熱量を求める処理(ステップ102)、求められた伝熱量から分割部の流体温度を求める処理(ステップ103および104)を行い、その求められた流体温度から各分割部の伝熱管温度を求ることによって定常初期プロセスデータを得ることができるようになった。これにより热交換器の定常状態量が短時間でかつ精度良く求めることができるようになる。



部状態のシミュレーション方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、発電プラントの単相流体を媒体とした向流熱交換器を対象とした設計評価や、運転訓練のためのシミュレーションやシミュレータ開発、熱交換器を対象とした運転監視を行う熱交換器内部状態のシミュレーション方法に関するものである。

【0002】

10 【従来の技術】一般に、発電プラントを対象としたシミュレーションは、図20に示すようなフローチャートで表される。図20においてステップ1901でモデリングを行うが、モデリングとは実際のプラントをどのようなモデルで模擬するか、すなわちプラントの配管などの構造をどのように分割してシミュレータ上で表現するかを決定する作業である。次ぎにステップ1902に示す初期データの作成を行う。初期データの作成作業とは、モデリングでモデル化されたプラントの流体温度、流体流量等の内部プロセス量をシミュレーション作業の初期条件（定常初期プロセスデータ）として決定することである。機器の操作や事故のシミュレーションを行う際には、安定したプラントの定常状態を模擬した状態から始める。その理由は例えば、定常が模擬できていない状態からある機器を操作した場合の流量の変化をシミュレーションする場合に、流量の変化が機器の操作を原因とするものなのか、あるいは単に定常状態が模擬できていないものなのかが判断し難いためである。従って初期値データ作成作業では、安定した定常状態を模擬するのに必要な定常初期プロセスデータを作成する必要がある。

20 【0003】しかし、ステップ1903に示すように、定常初期プロセスデータが安定な定常状態を模擬するようになどできないときには、ステップ1904においてモデル変更をする必要があるか否か判断し、変更の必要があると判断されたときはステップ1901に戻り、モデリングをやり直す。ステップ1903で安定した定常初期プロセスデータが作成できたと判断されれば、ステップ1905に示すシミュレーションを行う。シミュレーションは対象とするプラントの機器内部に適応される物理式を解くようなプログラムを使用している。シミュレーションの結果をステップ1906で判断し、物理的に説明できないような結果があれば、その原因はモデリングが不正確であったか、定常初期プロセスデータが正しくなかったためであるから、それをステップ1907で判断して、モデリングが原因であるならステップ1901に戻りモデリングをやり直す。モデリングが原因でないならステップ1902に戻り初期設定データの再作成を行う。従って、シミュレーション結果が満足のいくようなものではなかった場合には定常初期プロセスデータを変更したり、あるいはモデリングを変更することもあり、シミュレーションには多大な労力が必要である。

【特許請求の範囲】

【請求項1】流体の流れ部と伝熱管を複数に分割することにより熱交換器をモデリングし、そのモデリングした装置の内部状態をシミュレーションする熱交換器内部状態のシミュレーション方法において、前記熱交換器の出入口流体温度、流体流量、前記分割した分割数に基づいて各分割部の伝熱量を求める処理と、前記熱交換器の出入口流体温度、流体流量、前記分割した分割数と伝熱量に基づいて各分割部の流体温度を求める処理と、

前記伝熱量と流体温度から各分割部の伝熱管温度を求める処理を行うことを特徴とする熱交換器内部状態のシミュレーション方法。

【請求項2】流体の流れ部と伝熱管を複数に分割して熱交換器の内部状態をシミュレーションするときの最小分割可能数を求める熱交換器内部状態のシミュレーション方法において、

高温側流体における温度と比エンタルピとの線形近似式との傾きを求める高温側流体傾き量演算処理と、

低温側流体における温度と比エンタルピとの線形近似式との傾きを求める低温側流体傾き量演算処理と、

前記低温側流体傾き量演算処理の処理結果と低温側流体流量の積に対して、前記高温側流体傾き量演算処理の処理結果と高温側流体流量の積の比を求め、その比の対数演算を行う流体状態演算処理と、

高温側入口温度と低温側出口温度の温度差に対して、高温側出口温度と低温側入口温度の温度差の比を求め、その比の対数演算を行う温度状態演算処理と、

前記流体状態演算処理の処理結果に対して前記温度状態演算処理の処理結果の比を求め、その比の値を超える最小の自然数を求める最小分割数決定処理を行うことを特徴とする熱交換器内部状態のシミュレーション方法。

【請求項3】流体の流れ部と伝熱管を複数に分割して熱交換器の内部状態をシミュレーションするときの伝熱管汚れ係数を求める熱交換器内部状態のシミュレーション方法において、

高温側流体流量および低温側流体流量のそれぞれと伝熱管との熱伝達率理論値を求める処理と、

前記熱交換器の出入口流体温度、流体流量、前記分割した分割数に基づいて各分割部の伝熱量を求める処理と、前記熱交換器の出入口流体温度、流体流量、前記分割した分割数に基づいて各分割部の流体温度を求める処理と、

前記流体温度を求める処理で求められた流体温度から各分割部の伝熱管温度を求める処理と、

前記求められた伝熱量、流体温度、伝熱管温度から高温側流体および低温側流体の熱伝達率実測値を求める処理と、

前記熱伝達率理論値と熱伝達率実測値とから伝熱管の汚れ係数を求める処理を行うことを特徴とする熱交換器内

これは単にシミュレーションを行う場合に当てはまるだけでなく、運転訓練シミュレータなどの製作を行う場合にも同様なことが言える。

【0004】さて、単相流体を媒体とした発電プラント等に設置される向流熱交換器の模擬方法としては、図2-1に示すように流体の流れ部と、伝熱管を一次元方向に分割したモデル化がある。このようなモデルにおいては、従来では模擬を行う際に定常状態のプロセスデータ、例えば流体温度W、伝熱管温度T、伝热量Qを定常初期プロセスデータとして全ての分割部、すなわち図2-1の四角形で表した部分および矢印の部分に入力する必要があった。しかし、様々な物理的挙動を示す発電プラントの模擬では、定常初期プロセスデータとして定常状態に完全にバランスした値を手計算で求めることは従来では不可能であった。そこで、定常状態にバランスした定常初期プロセスデータを求めるために、従来では次のような二つの方法があった。一つはタイムマーチング法と呼ばれ、入力したデータを基に非定常計算を行い、収束した値をバランスした定常初期プロセスデータとするものであった。もう一つの方法は、熱交換器内部で成立する物理式の時間微分項をゼロとおいた定常方程式の解を求めるプログラムを用意し、直接、定常解を求める方法である。また、モデリングにおいては熱交換器の定常状態を模擬するための分割数は、プラントの負荷条件によって変わり、また分割数が大きいほどシミュレーション時間が多くなる。従って、従来ではシミュレーションの目的に応じて最適な分割数を試行錯誤的に求めている。更に、熱交換器の伝熱管の汚れは、熱交換器の伝熱を低下させ、発電効率の低下をもたらすため、プラントの熱効率管理にとって重要なファクターである。従来では、伝熱管の汚れ具合の計測はプラントの停止時に直接、汚れ物質の量を計り、汚れの程度を表す汚れ計数を求める方法で行っている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】定常初期プロセスデータ作成作業では、前述の二つの方法のどちらにおいてもすべての分割部に該当するプロセスデータを入力しなければならない。この際に分割数が多いほど入力データの入力点数が多くなり、手間がかかることが問題であった。特にタイムマーチング法では、入力したデータによっては収束にいたるまでの非定常計算にかかる時間が多くなることが問題であった。また、分割数の決定では、定常初期プロセスデータの作成の可、不可により、試行錯誤的に分割数を求めており、定常初期プロセスデータの作成とともに、シミュレーションを行う前の準備段階で多くの労力を割いていた。そして、熱交換器の効率は、発電プラントの熱効率に直結する重要なファクターである。熱交換器の効率は伝熱管の汚れ具合（汚れ係

数）に左右される。従来は汚れ計数を測定するにはプラントの停止時に熱交換器の伝熱管の汚れ物質の量を直接計測して求めていた。すなわち、プラント運転中に伝熱管の汚れ計数を定量的に測定する方法はなかった。従って汚れ計数の値をプラントの運転方針等に適用し、発電プラントの熱効率の向上を図る等の運転支援を行うことはできなかった。

【0006】本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、熱交換器のシミュレーションを行なう際のモデリング作業、定常初期プロセスデータの作成作業等のシミュレーション前の準備作業を効率化し、シミュレーションでの設計評価や、シミュレーションでの運転訓練の効率化、シミュレータの生産性の向上を図ることを目的とする。また、プラント運転の熱効率管理の観点から、運転の支援を行うことを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、各分割部の伝熱量を求める処理と、各分割部の流体温度を求める処理と、各分割部の伝熱管温度を求める処理とを備え、定常初期プロセスを決定するようにしたものである。請求項2の発明は、流量に対するパラメータと温度に対するパラメータの比を求めその比の値を越える最小の自然数を求める最小分割数決定処理を行うことによって最小分割数を決定するようにしたものである。請求項3の発明は熱伝達率理論値と熱伝達率実測値とから伝熱管の汚れ係数を求めるようにしたものである。

#### 【0008】

【作用】請求項1の発明は、出入口部に対応する各分割部の流体温度と流体流量と分割数をパラメータとして内部状態量が求められ、各分割部の伝熱量、流体温度、伝熱管温度の定常初期プロセスデータが決定する。請求項2の発明は、温度と比エンタルピとの線形近似式の傾き、流量、出入口温度から最小分割数決定処理が実行され、最小分割数が決定する。請求項3の発明は、各分割部の伝熱量および流体温度から熱伝達率の実測値を求め、それと理論値から伝熱管の汚れ係数が求められる。

#### 【0009】

##### 【実施例】

###### 実施例1

図1は図2に示す熱交換器モデルにおける本発明の一実施例を示す図である。まず、図1中に示される式について説明する。図2に示すような、N分割した熱交換器において、以下の仮定のもとに定常状態における各ノードおよび伝熱管の温度、ノード間の伝熱量を求める式を導出する。このとき、熱伝達率は高温および低温側の全ノードでそれぞれ均一値をとるものとする。また、温度・エンタルピの関係を次の線形式で表す。

###### 【数1】

5

6

$$e = aT + b$$

( e: エンタルビ (J/kg) , T: 溫度 (K) , a: 係数 , b: 係数 )

【0010】後述する結果をみてもわかるとおり、これらの仮定による初期定常状態への影響は少ない。図2に示すn番目のノードと伝熱管の間の伝熱量Q<sub>pn</sub>、Q<sub>sn</sub>は\*

高温側

\*以下の式で表される (n = 1, 2, ..., N)

【数2】

$$Q_{pn} = H_1(T_{p,n} - T_{t,n}) \quad (1.1)$$

低温側

$$Q_{sn} = H_2(T_{t,n} - T_{s,n}) \quad (1.2)$$

ここで、

Q<sub>pn</sub> 高温側と伝熱管の間の伝熱量 (Watts)

Q<sub>sn</sub> 低温側と伝熱管の間の伝熱量 (Watts)

T<sub>p,n</sub> 高温側ノードの温度 (K)

T<sub>s,n</sub> 低温側ノードの温度 (K)

T<sub>t,n</sub> 伝熱管の温度 (K)

A 高温側冷却材と伝熱管の伝熱面積 (m<sup>2</sup>)

A' 低温側冷却材と伝熱管の伝熱面積 (m<sup>2</sup>)

h 高温側冷却材と伝熱管の熱伝達率 (J/m<sup>2</sup>sK)

h' 低温側冷却材と伝熱管の熱伝達率 (J/m<sup>2</sup>sK)

$$H_1 = Ah$$

$$H_2 = A'h'$$

以降、H1, H2 を総合熱伝達率と称する。ここでは定常状態を考えているのでQ<sub>pn</sub>とQ<sub>sn</sub>は等しく、以降、Q<sub>n</sub>で表すことにする。従って (1. 1) 式 (1. 2) 式により、伝熱管温度T<sub>tn</sub>は次式で表される。

【0011】

【数3】

$$T_{t,n} = \frac{H_1 T_{p,n} + H_2 T_{s,n}}{H_1 + H_2} \quad (1.3)$$

次に、(1. 3) 式を (1. 1) 式に代入して次の式を得る。

【数4】

$$\begin{aligned} Q_n &= \frac{H_1 H_2}{H_1 + H_2} (T_{p,n} - T_{s,n}) \\ &= H (T_{p,n} - T_{s,n}) \end{aligned} \quad (1.4)$$

ただし、

$$H = \frac{H_1 H_2}{H_1 + H_2} \quad (1.5)$$

以降、Hを合成熱伝達率と称する。合成伝熱効率H1、H2はそれぞれ (1. 1) 式 (1. 2) 式から次のように

に求められる。

$$H_1 = Q_{p,n}/(T_{p,n} - T_{t,n}) \quad (1.6)$$

$$H_2 = Q_{s,n}/(T_{t,n} - T_{s,n}) \quad (1.7)$$

【0012】また、n番目のノードとその上流側のノードについて以下の2つの式が成立する。 \* 【数6】

高温側

$$Q_{p,n} = a_1 W_1 (T_{p,n+1} - T_{p,n}) \quad (1.8)$$

低温側

$$Q_{s,n} = a_2 W_2 (T_{s,n} - T_{s,n-1}) \quad (1.9)$$

$a_1$  高温側の温度-エンタルピ関係式の傾き ( $J/kg K$ )

$a_2$  低温側の温度-エンタルピ関係式の傾き ( $J/kg K$ )

$W_1$  高温側流量 ( $kg/sec$ )

$W_2$  低温側流量 ( $kg/sec$ )

(1.8) 式について、 $i = n$  から  $i = N$  までの総和を \* 【数8】  
求めると次のようになる。

【数7】

$$T_{p,n} = T_{p,IN} - \frac{1}{a_1 W_1} \sum_{i=n}^N Q_i \quad (1.11)$$

$$T_{s,n} = T_{s,IN} + \frac{1}{a_2 W_2} \sum_{i=1}^n Q_i \quad (1.10)$$

【0013】(1.4) 式に (1.10) 式および (1.11) を代入すると次のようになる。

同様に、(1.9) 式について、 $i = 1$  から  $i = N$  までの総和を求める \* 【数9】

$$Q_n = H \left\{ (T_{p,IN} - \frac{1}{a_1 W_1} \sum_{i=N}^n Q_i) - (T_{s,IN} + \frac{1}{a_2 W_2} \sum_{i=1}^n Q_i) \right\}$$

これを整理すると次のようになる。

40 【数10】

$$Q_n + \frac{H}{a_1 W_1} \sum_{i=n}^N Q_i + \frac{H}{a_2 W_2} \sum_{i=1}^n Q_i = H(T_{p,IN} - T_{s,IN}) \quad (1.12)$$

$n+1$  番目のノードについての (1.12) 式は次のように ★ 【数11】

$$Q_{n+1} + \frac{H}{a_1 W_1} \sum_{i=n+1}^N Q_i + \frac{H}{a_2 W_2} \sum_{i=1}^{n+1} Q_i = H(T_{p,IN} - T_{s,IN}) \quad (1.13)$$

(1.12) 式と (1.13) 式より、流れに沿って隣接するノード間の伝热量の間に次の漸化式が得られる。

【数12】

$$Q_{n+1} = \frac{1 + \frac{H}{a_1 W_1}}{1 + \frac{H}{a_2 W_2}} Q_n \quad (1.14)$$

ただし、 $n = 1, 2, \dots, N-1$  である。ここで  
\* 【数13】  
次の定義をする。

$$A = \frac{1 + \frac{H}{a_1 W_1}}{1 + \frac{H}{a_2 W_2}} \quad (1.15)$$

Q<sub>n</sub> は等比数列であるから、次の式が成り立つ。

$$Q_n = A^{n-1} Q_1 \quad (1.16)$$

【0014】  $i = 1$  から  $i = N$  までの  $Q_i$  の総和  $S_N$  を  
考慮すると等比数列の和の公式より総和は次のようにな※ 【数15】

$$S_N = \sum_{i=1}^N Q_i = \frac{1 - A^N}{1 - A} Q_1 \quad (1.17)$$

$S_N$  は IHX の総伝熱量に他ならないから、高温側冷却  
材出入口温度を使って次の式で表される。 ★ 【数16】  
★

$$S_N = a_1 W_1 (T_{p,IN} - T_{p,OUT}) \quad (1.18)$$

(1.16) 式、(1.17) 式、(1.18) 式から  
伝熱量  $Q_n$  の式が次のように得られる。 ☆ 【数17】

$$Q_n = \frac{A^{n-1} - A^n}{1 - A^N} a_1 W_1 (T_{p,IN} - T_{p,OUT}) \quad (1.19)$$

また、(1.18) 式において、低温側の冷却材出入口  
温度を用いて総伝熱量を表すことが可能である。このと◆30 【数18】

$$Q_n = \frac{A^{n-1} - A^n}{1 - A^N} a_2 W_2 (T_{s,OUT} - T_{s,IN}) \quad (1.20)$$

【0015】 次に、(1.12) 式の左辺第1項、第2  
項に(1.19) 式を代入し、第3項に(1.20) 式\* 【数19】

$$\frac{H}{1 - A^N} \left\{ (T_{p,IN} - T_{s,OUT}) - A^N (T_{p,OUT} - T_{s,IN}) \right\} = 0 \quad (1.21)$$

よって、その式から(1.16) 式の等比数列の公比  $A$  \* 【数20】  
は次のようになる。 ※

$$A = \left( \frac{T_{p,IN} - T_{s,OUT}}{T_{p,OUT} - T_{s,IN}} \right)^{\frac{1}{N}} \quad (1.22)$$

次に、各ノードにおける流体温度を求める式について検  
討する。 (1.16) 式に(1.8) 式、(1.15) ★ 【数21】

$$(T_{p,n+1} - T_{p,n}) = A^{n-1} (T_{p,2} - T_{p,1}) \quad (1.23)$$

従って高温側流体温度  $T_{p,n}$  は次の式で表される。 【数22】

$$T_{p,n} = T_{p,n+1} - \frac{A^{n-1} - A^n}{1 - A^N} (T_{p,IN} - T_{p,OUT}) \quad (1.24)$$

低温側でも同様して次の式を得る。

50 【数23】

11

$$T_{s,n} = T_{s,n-1} + \frac{A^{n-1} - A^n}{1 - A^N} (T_{s,out} - T_{s,in})$$

12

(1.25)

【0016】ここで、フローチャートについて図1および図2を用いて説明する。まずステップ101において、(1.22)式を用いて等比数列の公比Aを算出する。これは、図2に示す高温側出口温度 $T_{p,out}$ 、高温側入口温度 $T_{p,in}$ 、低温側出口温度 $T_{s,out}$ 、低温側入口温度 $T_{s,in}$ 、分割数Nの入力値により求められる。次に、ステップ102において、(1.19)式を用いて図2に示すn番目の高温側分割部と伝熱管の間、および伝熱管と低温側分割部との間の伝熱量 $Q_n$ を求める。定常状態を考えているので、両者の伝熱量の値は同じである。ここで流量W1は入力値であり、a1は高温流体における温度と比エンタルビとの線形近似式の傾きである。この値を求める方法は次のようなものがあげられる。

【0017】まず、流体の物性値が記述される文献等を用いて、入口温度に対応する比エンタルビを求める。この両者の値を仮定の式に代入する。次に、出口温度に対応する比エンタルビを同様に求め、仮定の式に代入する。これにより、温度と比エンタルビを代入した2つの連立方程式が得られ、この方程式の解であるaが、温度と比エンタルビとの線形近似式の傾きになる。熱交換器内部では、数十気圧にもおよぶ圧力低下は生じないので、熱交換器内部の局所的な圧力差による線形式の傾きの不均一性については無視できる。この明細書内の他の箇所で記載される線形式の傾きを求める方法は、以上で説明した方法を求めるべき。

【0018】また、このステップで伝熱量 $Q_n$ を求めるために(1.19)式を用いたが、(1.20)式を用いても同じ結果が得られる。さらに、ステップ103において、(1.24)式を用いて図2に示すn番目の高温分割部の流体温度 $T_{p,n}$ を求める。次に、ステップ104において、(1.25)式を用いて図2に示すn番目の低温側分割部の流体温度 $T_{s,n}$ を求める。そしてステップ105において、(1.6)式を用いて高温側流体部と伝熱管の間の総合熱伝達率 $H_1$ を求める。次にステップ106において、(1.7)式を用いて低温側流体部と伝熱管の間の総合熱伝達率 $H_2$ を求める。最後にステップ107において、(1.3)式を用いて図2に示す第n番目の伝熱管温度 $T_{t,n}$ を求める。

【0019】以上のステップを実行することにより、熱交換器内部のすべての分割部の伝熱量、高温側分割部の流体温度、低温側分割部の流体温度、伝熱管温度が求められる。当然のことながら、以上のステップの実行順は前述の通りに縛られるものではない。以下の2つの制限を満たせば、どのような実行順をとっても同様な効果が得られる。

(a) ステップ101はステップ102から104の各

ステップよりも前で実行する。

(b) ステップ107はステップ103から106の各ステップよりも後で実行する。

また、以上の説明ではn番目の物理量を求める際に同じステップ内ですべての分割部の当該物理量を求めているが、図3に示すように、第n番目の分割部に対して各ステップを実行して各物理量を求める。すべての分割部の各物理量を計算するようにしても、同様の効果が得られる。さらに、n番目の分割部の当該物理量を求める際に、上の説明では昇順に求めているが、(1.24)式と(1.25)式を変形すれば、降順に求めても同様の効果が得られる。また、図2で分割部の番号を低温側の入口部から流量方向に昇順に求めているが、降順に求めても、前述の説明と同様に導出された式で同じ効果が得られることは言うまでもない。

10

20

【0020】次に、以上に説明した方法で求められた初期データの精度評価を行う。評価の方法は求められた初期データと、過渡解析プログラムによって計算された定常収束解とを比較することによって行う。計算の対象は、代表的な高速増殖炉の中間熱交換器を例題とする。このプラントの中間熱交換器は高温側流体、低温側流体とともに液体ナトリウムである。プラント出力運転状態のうち、出力100%、65%、40%の各定常状態の初期データを前述の方法で求めた。また、求められた初期データをもとに、非定常計算を行って得られた定常収束解を求めた。分割数は100%定常状態で4個、65%定常状態で5個、40%で7個に分割している。これは実施例2で説明するが、定常状態を模擬可能な最小分割数は模擬条件によって異なるためである。図4から図6までに各負荷状態の初期データと収束解を示す。それぞれの表のうち、上段は熱交換器内部の状態量、下段は実プラントにおいて熱交換器の監視パラメータとされている状態量である。すべての負荷において初期データは収束解と比較して0.1%以下の偏差に収まっている。本実施例で説明した方法で収束解に近似した初期データが求められている。

30

40

【0021】実施例2

さらに他の実施例について説明する。本実施例は熱交換器のある運転状態を模擬する事が可能な最小の分割数を求める方法である。まず最小の分割数を求める式を導出する。図7は実施例1で検証の例題としたプラントの熱交換器の定常状態を1個の分割数で模擬した場合の温度分布を表したものである。伝熱量は液体分割部の流量方向の温度変化に寄与する。すなわち、図7に示すように、1分割の場合には伝熱に関する分割部の温度は出口流体温度に等しくなる。この場合、高温側流体温度が低温側流体温度より低くなり、温度勾配に逆らって伝熱が

50

行われると言う物理的に矛盾した模擬状態が生じることになる。このような模擬状態では(1.4)式により、総合熱伝達率Hが負の値になることになる。従って、

(1.4)式から考えて、物理的に矛盾のない模擬状態を達成するには $H > 0$ という条件が必要十分になる。合成熱伝達率Hは公比Aを用いて(1.15)式より次の式で表される。

【数24】

$$H = \frac{1 - A}{\frac{A}{a_2 W_2} - \frac{1}{a_1 W_1}} \quad (2.1)$$

(2.1)式に(1.21)式を代入して $H > 0$ の条件でNについて求めると分子の符号によらず次の式で表される。

【数25】

$$N > \frac{\log \frac{a_2 W_2}{a_1 W_1}}{\log \left( \frac{T_{p,IN} - T_{s,OUT}}{T_{p,OUT} - T_{s,IN}} \right)} \quad (2.2)$$

【0022】図8に(2.2)式を用いて最小分割数を求めるフローチャートを示す。図8を用いて本実施例の説明を行う。まず、ステップ701で高温側流体におけるエンタルピと温度の線形式の傾き $a_1$ を求める。次に、ステップ702で低温側流体におけるエンタルピと温度の線形式の傾き $a_2$ を求める。そしてステップ703において、ステップ702で求めた線形式の傾き $a_2$  \* 10

\*と低温側流体流量 $W_2$ との積と、ステップ701で求めた線形式の傾き $a_1$ と、高温側流体流量 $W_1$ の積との比を求める。

【0023】次にステップ704において、ステップ703で求めた比の対数を求め、ステップ705において、高温側入口温度 $T_{p,in}$ と低温側出口温度 $T_{s,out}$ の差と、高温側出口温度 $T_{p,out}$ と低温側入口温度 $T_{s,in}$ の差との比を求める。そしてステップ706において、ステップ705で求めた比の対数を求める。ステップ704と当ステップで求めている対数は、同一の底を使用する限り、一般に使用される自然対する、常用対数のどちらを使ってもよいし、また底の条件(1でない正数)を満たし、同一の底を使用すれば、どのような底を使ってもよい。次に、ステップ707において、ステップ704で求めた対数とステップ706で求めた対数の比を求め、ステップ708において、ステップ707で求めた比を越える最小の整数Nを求める。このNが最小分割数である。ここで、ステップ701とステップ702の実行順はどちらが先に実行されてもよい、またステップ701からステップ704までの一連のステップと、ステップ705からステップ706までの一連のステップの実行順はどちらが先でもよい。

【0024】実施例3

図9は他の実施例を示すフローチャートであり、まず図9中に記載される式の導出を行う。一般に熱伝達率は次の式で表される。

【数26】

$$h_{n,L} = \frac{1}{\frac{1}{h_{0,L}} + \alpha_{n,L}} \quad (3.1)$$

$$h_{0,L} = f(W_L) \quad (3.2)$$

$h_{n,L}$  n番目の分割部の流体部と伝熱管の間の熱伝達率

$h_{0,L}$  流量から得られる熱伝達率の理論値

$\alpha_{n,L}$  n番目の伝熱管の汚れ係数

$f(W_L)$  流量から理論値の熱伝達率を得る実験式

$L$   $L = p$ :高温側、 $L = s$ :低温側

従って、汚れ係数 $\alpha$ は(3.2)式より次のように表される。

【数27】

$$\alpha_{n,L} = \frac{1}{h_{n,L}} - \frac{1}{h_{0,L}} \quad (3.3)$$

また、熱伝達率 $h_{n,L}$ は実施例1で説明したように求められる各分割部の伝熱量 $Q_n$ 、高温側流体温 $T_{p,n}$ 低

15

温側流体温度  $T_{s,n}$  および伝熱管温度  $T_{t,n}$  と構造データである伝熱面積  $A_{p,n}$  あるいは  $A_{s,n}$  によって、次\*

高温側

低温側

\*のようによく表される。

【数28】

$$h_{n,p} = \frac{Q_n}{A_{p,n}(T_{p,n} - T_{t,n})} \quad (3.4)$$

$$h_{n,s} = \frac{Q_n}{A_{s,n}(T_{t,n} - T_{s,n})} \quad (3.5)$$

【0025】次に図9の説明を行う。まず、ステップ801において、実施例1の図3のステップ群により、各分割部の伝热量  $Q_n$  、高温側流体温度  $T_{p,n}$  、低温側流体流量  $T_{s,n}$  、伝熱管温度  $T_{t,n}$  を求める。次に、ステップ802において、高温側流体流量  $W_1$  から実験式である(3.2)式を用いて高温側流体と伝熱管の熱伝達率の理論値  $h_{0,p}$  を求める。

【0026】同様にステップ803において、低温側流体流量  $W_2$  から実験式である(3.2)式を用いて低温側流体と伝熱管の熱伝導率  $h_{0,s}$  を求める。更に、ステップ804において、ステップ801で求めた物理量をもとに、(3.4)式を用いて高温側流体と伝熱管の熱伝達率  $h_{n,p}$  を求める。同様に、ステップ805において、ステップ801で求めた物理量をもとに、(3.5)式を用いて低温側流体と伝熱管の熱伝達率  $h_{n,s}$  を求める。次に、ステップ806において、ステップ802で求めた  $h_{0,p}$  とステップ804で求めた  $h_{n,p}$  から、(3.3)式を用いて伝熱管の高温流体側の汚れ係数  $\alpha_{n,p}$  を求める。同様にして、ステップ807において、ステップ803で求めた  $h_{0,s}$  とステップ805で求めた  $h_{n,s}$  から(3.3)式を用いて伝熱管の低温流体側の汚れ係数  $\alpha_{n,s}$  を求める。ステップ804からステップ807までは各ステップにおいて該当求値を各分割部ごとに行う。たとえばステップ804では熱伝達率  $h_{n,p}$  を ( $n = 1, 2, \dots, N$ ) までの各分割部に対して求める。

【0027】以上のステップの実行順は前述の通りに縛られるものではない。次の制限を満たせばどのような実行順をとっても同様の効果が得られる。

(a) ステップ804はステップ801の後で実行する。

(b) ステップ805はステップ801の後で実行する。

(c) ステップ806はステップ802とステップ804の後ろで実行する。

(d) ステップ807はステップ803とステップ805の後ろで実行する。

また、この説明ではステップ804からステップ807までの各ステップで  $N$  個の該当物理量を求めており、図10に示すように  $n$  番目の分割部に対して各ステップを実行して該当求値を行い、すべての求値を行うようにしても同様の効果が得られる。更に、図9、図10にお

いて、求値を昇順で行っているが、降順に行っても同様の効果が得られる。

【0028】実施例4

図11は他の実施例を表す図である。1001は本実施例における向流熱交換器のシミュレーション装置である。1002はプロセスデータから非定常シミュレーション部の初期データを生成する初期データ作成部、1003はプロセスデータから熱交換器の非定常シミュレーション可能な最小規模模擬分割数を決定する最小分割部決定部、1004はプラントの構造データや、初期定常プロセスデータを用いて熱交換器内部の状態を解析する非定常シミュレーション部、1005はプロセスデータ、構造データを入力する入力インターフェース部、1006は初期データ、最小分割部データ、シミュレーションデータを表示するデータ表示部である。

【0029】図12は本実施例におけるシミュレーション装置の動作を表すフローチャートである。本実施例の電気接続は図19のようになっている。図11および図12によって本実施例の動作を説明する。ステップ1101において、入力機器5を用いて入力インターフェース1005に構造データの入力が行われる。構造データは流体の種類、熱交換器の伝熱管長、伝熱面積等の模擬対象の構造を定義するデータである。次にステップ1102において、入力機器5から入力インターフェース1005にプロセスデータ入力先の切換信号が入力される。

【0030】この信号は熱交換器出入口温度、流体流量のプラントの動作状態を定義するプロセスデータを入力機器5を通してユーザに入力させるか、あるいはプラントセンサ出力から入力するかを切り換えるものである。入力機器5を介してユーザに入力される場合は、ステップ1103においてプロセスデータがユーザにより入力機器5を通じて入力インターフェース部1005に入力される。プラントセンサ出力から入力する場合はステップ1104でプロセスデータが入力インターフェース部1005にプラントセンサから入力される。ステップ1105において、最小分割数決定部1003は入力インターフェース1005に入力された構造データおよびプロセスデータを用いてこの模擬条件を模擬可能な最小の分割数を演算する。最小分割数は非定常シミュレーション部1005でシミュレーションされる熱交換器モデルの分割数として使用される。

17

【0031】ステップ1106で初期データ作成部1002は、入力データである構造データおよび、プロセスデータを用いて、非定常シミュレーション部1004が必要とする熱交換機内部の初期定常プロセスデータを作成する。非定常シミュレーション部1004で演算される熱交換器モデルの分割数は、最小分割数決定部1003で演算された最小分割数データである。従ってその分割数でモデリングされた熱交換器モデルの初期定常プロセスデータを作成するために、初期データ作成部は最小分割数データを使用する。ステップ1107において、非定常シミュレーション部1004は最小分割データを分割数とした熱交換器の分割モデルと構造データを用い、またモデルの初期データとして初期データ作成部で作成された初期定常プロセスデータを用い、熱交換器の非定常シミュレーションを行う。

【0032】ステップ1108でデータ表示部1006は最小分割数データ、初期定常プロセスデータ、シミュレーションデータをCRT6上に表示する。図13は入力インターフェース部1005の構成を示す図である。1201は構造データの獲得を行うとともに、プロセスデータを入力機器5とプラントセンサのいずれからから獲得するかを切り換える信号によって切り換えてプロセスデータを獲得する入力切換部、1202は入力切換部1201で獲得された構造データ、プロセスデータを入力インターフェースメモリ10上に書き込むデータ出力部である。図13と図19の電気接続図を用いて入力インターフェース部1005の動作を説明する。入力切換部1201において、CPU1により入力機器5を通じて構造データが獲得され、データ出力部1202においてメモリ2上の入力インターフェイスメモリ10に構造データが書き込まれる。次にCPU1は入力機器5からプロセスデータの入力切換信号を獲得し、信号がユーザのプロセスデータ入力の場合は入力機器5からプロセスデータを獲得し、プラントセンサからのプロセスデータ入力の場合はプラントセンサからプロセスデータを獲得し、データ出力部1202において、メモリ2上の入力インターフェイスメモリ10にプロセスデータが書き込まれる。

【0033】図14は最小分割数決定部1003の構造図である。1301は入力インターフェイスメモリ10上のプロセスデータを獲得するデータ獲得部である。1302は構造データ、プロセスデータから最小分割数を求める最小分割数計算部である。1303は温度と比エンタルピの線形式の傾きを求めるための流体物質の温度、比エンタルピのデータである。1304は計算された最小分割数を最小分割数データメモリ11上に書き込むデータ出力部である。図14と図19を用いて最小分割数決定部1003の動作について説明する。メモリ2上の入力インターフェイスメモリ10上に置かれた構造データ、プロセスデータがデータ獲得部1301でCPU50により獲得される。

10

U1により獲得される。次に最小分割数計算部1302で獲得された構造データのうち、流体の種類とプロセスデータを用いて、CPU1は図8記載のステップ群を実行する。

【0034】この際に、実施例1に記載の温度と比エンタルピの線形式の傾きを求める必要がある。補助記憶装置3上に格納されている物質別T-Eデータ1303には流体の種類ごとに温度に対する比エンタルピの値が記述されており、最小分割計算部1303には流体の種類ごとに温度に対する比エンタルピの値が記述されており、最小分割計算部1302で実行されるステップでCPU1が該当値を読み込み、線形式の傾きを計算する。最小分割計算部1302で計算された最小分割数は、データ出力部1304でCPU1によりメモリ2上の最小分割数データメモリ上に書き込まれる。

【0035】次に初期データ作成部の動作について説明する。図15は初期データ作成部の構成図である。1401は入力インターフェースメモリ10上の構造データおよびプロセスデータならびに最小分割数データメモリ11上の最小分割数データを獲得するデータ獲得部である。1402は構造データプロセスデータおよび最小分割数データから初期定常プロセスデータを求める初期データ計算部である。1303は温度と比エンタルピの線形式の傾きを求めるための流体物質別の温度、比エンタルピのデータである。1404は計算された分割数を最小分割数データメモリ11上に書き込むデータ出力部である。図15と図19を用いて初期データ作成部の動作について説明する。メモリ2上の入力インターフェースメモリ10上に置かれた構造データおよびプロセスデータがデータ獲得部1401でCPU1により獲得される。次に、最小分割数計算部1302で獲得された構造データのうち、流体の種類と、プロセスデータを用いてCPU1は図1または図3記載のステップ群を実行する。

【0036】この際にも、実施例1に記載の温度と比エンタルピの線形式の傾きを求める必要がある。最小分割数決定部の動作説明と同様に、補助記憶装置3上に格納されている物質T-Eデータ1303を用いて初期データ計算部1403で実行されるステップでCPU1が該当値を読み込み、線形式の傾きを計算する。最小分割数計算部1402で計算された最小分割数は、データ出力部1404でCPU1によりメモリ2上の初期データメモリ12上に書き込まれる。

【0037】これまでの説明では、各データの転送メモリを使用して行っているが、データを転送することが可能な他の手段、例えばディスク、通信等を用いても同様の効果を奏する。本実施例では最小分割数決定部、初期データ作成部、非定常シミュレーション部、入力インターフェース部、データ表示部を組み合わせてシミュレーション装置にしているが、以下のような実施例も可能で

ある。

【0038】最小分割数決定部と非定常シミュレーション部を省略し、入力インターフェース部に入力されたプロセスデータを用いて初期データ作成部が作成した初期定常プロセスデータをデータ表示部がデータ出力する初期定常プロセスデータ作成装置。この場合、分割数は構造データとして適当な値をユーザに入力させることになる。初期データ作成部と非定常シミュレーション部を省略し、入力インターフェース部に入力されたプロセスデータを用い、最小分割数決定部が作成した最小分割数データをデータ表示部がデータ出力する熱交換器模擬の最小分割数決定装置。最小分割数決定部を省略し、入力インターフェース部に入力されたプロセスデータを用いて初期データ作成部が作成した初期定常プロセスデータと、入力インターフェース部に入力された構造データをもとに、非定常シミュレーション部が熱交換器内部のシミュレーションを行う熱交換器シミュレーション装置。この場合も、分割数は構造データとして適当な値をユーザに入力させることになる。

【0039】初期値作成部を省略し、入力インターフェース部に入力されたインターフェース部に入力されたプロセスデータを用いて最小分割数決定部が作成した最小分割数データと、入力インターフェース部に入力された構造データおよびプロセスデータをもとに非定常シミュレーション部が熱交換器内部のシミュレーションを行う熱交換器シミュレーション装置。当然のことであるが、これまで説明した4つの装置では、入力インターフェース部に入力されるプロセスデータは、プラントセンサデータを用いることができる。

#### 【0040】実施例5

図16は他の実施例を示す図である。1501は端本実施例における汚れ係数計測装置である。1502はプラントの構造データ、初期定常プロセスデータを用いて熱交換機内の伝熱管の汚れ係数を測定する汚れ係数測定部、1503は汚れ係数データを表示するデータ表示部である。図17は本実施例における汚れ係数計測装置の動作を表すフローチャートである。更に、図19は本実施例の電気接続を表す図である。図16および図17をもとに本実施例の動作を説明する。ステップ1601において、入力機器5を用いて入力インターフェース部1005に構造データの入力が行われる。構造データは流体の種類、熱交換器の伝熱管長、伝熱面積等の模擬対象の構造を定義するデータである。次にステップ1602において、入力機器5から入力インターフェース部1005に、プロセスデータの入力先の切換信号が入力される。

【0041】この信号は、熱交換器出入口温度、流体流量のプラント動作状態を定義するプロセスデータを入力機器5を通してユーザに入力させるか、あるいはプラントセンサ出力から入力するかを切り換えるものである。

ユーザに入力を行わせるときはステップ1603において、プロセスデータがユーザにより入力機器5を通じて入力インターフェース部1005に入力され、ステップ1605において、最小分割数決定部1003は入力インターフェース部1005に入力された構造データおよびプロセスデータを用いてこの模擬条件を模擬可能な最小の分割数を演算する。最小分割数は汚れ係数計測部1502で汚れ係数の計測を行う熱交換器モデルの分割数として使用される。ステップ1606で初期データ作成部1002は入力データである構造データおよびプロセスデータを用いて、汚れ係数計測部1502が必要とする熱交換機内部の初期定常プロセスデータを作成する。非定常シミュレータ部で演算される熱交換器モデルの分割数は、最小分割数決定部1003で演算された最小分割数データである。

【0042】従って、その分割数でモデリングされた熱交換器モデルの初期定常プロセスデータを作成するためには、初期データ作成部1002は最小分割数データを使用する。ステップ1607において、汚れ係数計測部1502は最小分割数データを分割数とした熱交換器の分割モデルと構造データを用い、また熱交換機内のプロセス状態量として初期データ作成部で作成された初期定常プロセスデータを用い、熱交換器伝熱管の汚れ係数計測を行う。ステップ1608でデータ表示部1503は汚れ係数データをCRT上に表示する。ここで、入力インターフェース部、最小分割数決定部、初期データ作成部派実施例4で説明したように動作する。なお、プロセスデータの入力先をプラントセンサからとしたときはステップ1603に代わって、ステップ1604のプラントセンサデータ獲得の処理が行われる。

【0043】図18は汚れ係数計測部1502の構成図である。ステップ1701は最小分割数データと初期定常プロセスデータを獲得するデータ獲得部である。1702は最小分割数データと初期定常プロセスデータより、汚れ係数を計算する汚れ係数計算部である。1703は流体の種類と流体流量から理論値の熱伝達率を求めるための熱伝達率実験式データである。1704は汚れ係数データを汚れ係数データメモリに書き出すデータ出力部である。図18と図19を用いて汚れ係数計測部1502の動作を説明する。まず、メモリ2上の入力インターフェースメモリ10上に置かれた構造データおよびプロセスデータがデータ獲得部1701でCPU1により獲得される。次に汚れ係数計算1702で獲得された構造データのうち流体の種類と、プロセスデータを用いてCPU1は図8または図9記載のステップ群を実行する。この際にも、実施例3の理論値の熱伝達率を計算する必要がある。

【0044】補助記憶装置3上の熱伝達率実験式データ1703には流体の種類と流体流量より理論値の熱伝達率を求める実験式が格納されており、CPU1は構造デ

ータのうちの流体の種類を表すデータに応じて該当する実験式をメモリ2上に読み込み、流体流量をもとに理論値の熱伝達率を計算する。汚れ係数計算部1702で計算された汚れ係数データはデータ出力部1704でCPU1によりメモリ2上の汚れ係数データメモリ13上に書き込まれる。以上説明では、各データの転送メモリを使用して行っているが、データを転送することが可能な他の手段、例えばディスク、通信等を用いても同様の効果を奏する。本実施例では最小分割数決定部、初期データ作成部、汚れ係数計測部、データ表示部を組み合わせて汚れ係数計測装置にしているが、以下のような実施例も可能である。

【0045】最小分割数決定部を省略し、入力インターフェース部に入力されたプロセスデータを作成し、構造データと初期定常プロセスデータから汚れ係数を計測する汚れ係数計測装置。この場合、分割数は構造データとして適当な値をユーザに入力させることになる。当然のことであるが、この装置では入力インターフェース部に入力されるプロセスデータはプラントセンサデータを用いることもできる。

#### 【0046】

【発明の効果】請求項1の発明は、出入口部に対応する各分割部の緒元から内部状態量が求められ、それから定常初期プロセスデータが決定するので、従来のように非定常計算を行う必要がなくなり、その計算結果が収束するまで待つ必要がなくなり、短い時間で定常初期プロセスデータが得られると言う効果を有する。請求項2の発明は、熱交換器の出入口温度、流体流量から最小分割数が求められるので、模擬状態に応じた熱交換器の最小分割数を一意に決定できるという効果を有する。請求項3の発明は、熱伝達率理論値と熱伝達率実測値とから伝熱管の汚れ係数を求めるようにしたので、運転中に伝熱管の汚れ量を知ることができ、それをプラントの運転方針に適用することによって、熱効率の向上を図ることができるという効果を有する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の定常プロセスデータの作成手順を表すフローチャートである。

【図2】実施例1の定常プロセスデータを作成する熱交換器の分割状態を示すための図である。

【図3】図2の変形手順を表すフローチャートである。

【図4】代表的な高速増殖炉における熱交換器の100%定常状態データを実施例1の手順で作成した際の精度を表した図である。

【図5】代表的な高速増殖炉における熱交換器の65%定常状態データを実施例1の手順で作成した際の精度を表した図である。

【図6】代表的な高速増殖炉における熱交換器の40%定常状態データを実施例1の手順で作成した際の精度を表した図である。

表した図である。

【図7】熱交換器の定常状態を1個の分割数で模擬した場合の温度分布の状態を示す図である。

【図8】実施例2の最小分割数を求める手順を表すフローチャートである。

【図9】実施例3の汚れ係数を求める手順を表すフローチャートである。

【図10】図9の手順の変形を表すフローチャートである。

10 【図11】実施例4のシミュレーション装置の全体構成を示す図である。

【図12】実施例4のシミュレーション装置の動作を表すフローチャートである。

【図13】実施例4の入力インターフェイス部の構成を示す図である。

【図14】実施例4の最小分割数決定部の構成を示すブロック図である。

【図15】実施例4の初期データ作成部の構成を示すブロック図である。

20 【図16】実施例5の汚れ係数計測装置の全体構成を示すブロック図である。

【図17】実施例5の汚れ係数計測装置の動作を表すフローチャートである。

【図18】実施例5の汚れ係数計測部の構成を示すブロック図である。

【図19】実施例4および実施例5の構成を示すブロック図である。

【図20】シミュレーションの手順を表すフローチャートである。

30 【図21】従来例の熱交換器の初期データを表すフローチャートである。

#### 【符号の説明】

1 CPU

2 メモリ

3 補助記憶装置

4 入出力回路

5 入力機器

6 表示機器

10 入力インターフェイスメモリ

40 11 最小分割数データメモリ

12 初期データメモリ

13 汚れ係数データメモリ

1002 初期データ作成部

1003 最小分割数決定部

1004 非定常シミュレーション部

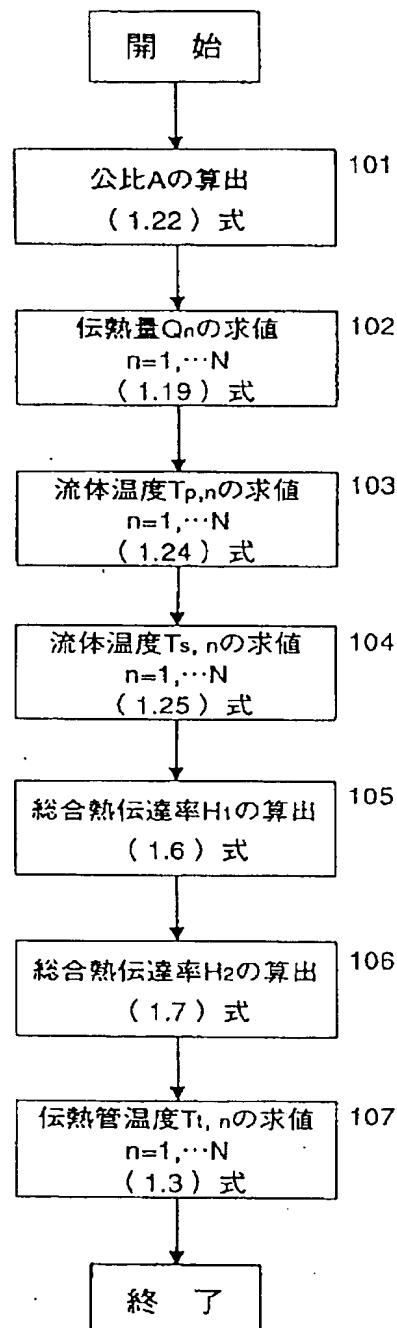
1005 入力インターフェイス部

1006 データ表示部

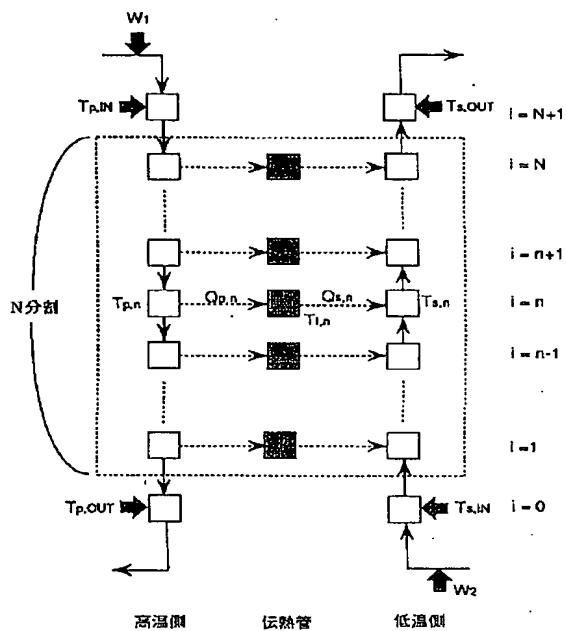
1502 汚れ係数計測部

1503 データ表示部

【図1】

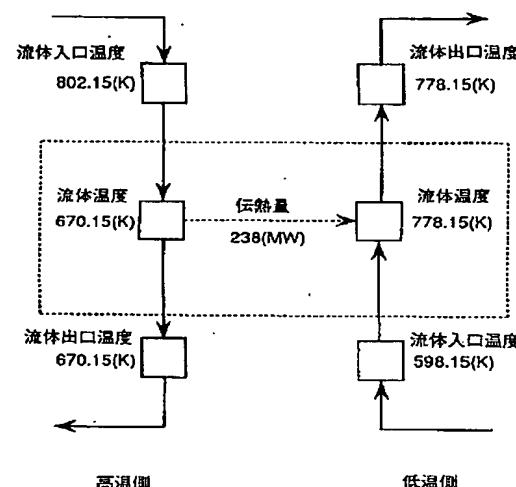


【図2】



W<sub>1</sub>: 高温側流体流量  
 W<sub>2</sub>: 低温側流体流量  
 T<sub>p,IN</sub>: 高温側流体入口温度  
 T<sub>p,OUT</sub>: 高温側流体出口温度  
 T<sub>e,IN</sub>: 低温側流体入口温度  
 T<sub>e,OUT</sub>: 低温側流体出口温度

【図7】



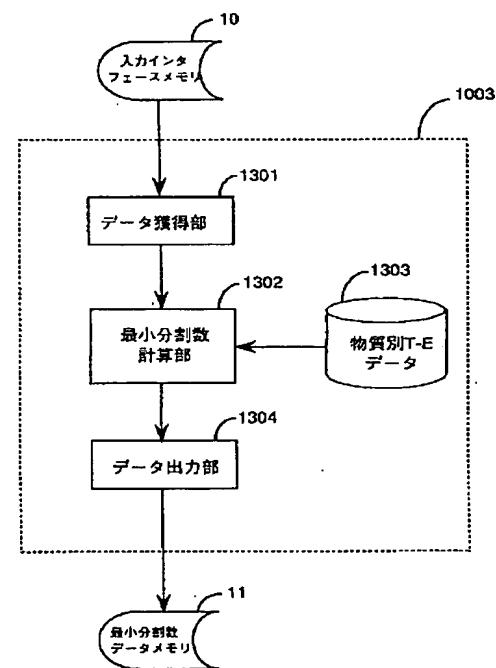
【図14】

【図4】

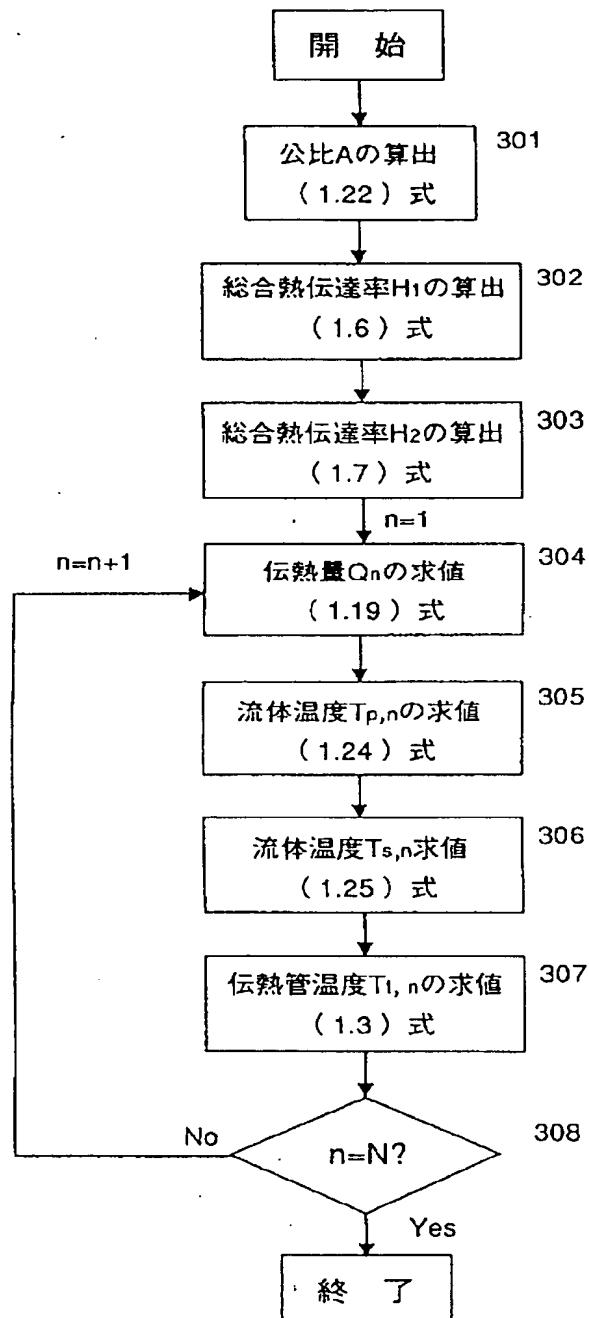
条件: 100%定常

伝熱管番号	一次系Na温度(k)		二次系Na温度(k)		伝熱管温度(k)	
	初期データ	収束解	初期データ	収束解	初期データ	収束解
N 1	670.15	670.06	662.99	662.99	666.57	666.52
N 2	717.70	717.80	712.27	712.38	714.98	715.09
N 3	753.83	754.01	749.70	749.87	751.77	751.94
N 4	781.29	781.42	778.15	778.27	779.72	779.85
最大偏差	N3	0.02%	N3	0.02%	N3	0.03%

	初期データ	収束解	偏差
一次系入口Na温度(k)	802.15	802.15	0.00%
一次系出口Na温度(k)	670.15	670.06	0.01%
二次系入口Na温度(k)	598.15	598.15	0.00%
二次系出口Na温度(k)	778.15	778.27	0.02%
総伝热量(MW)	238.07	238.24	0.07%



【図3】



【図5】

条件: 6.5%定常

伝熱管番号	一次系Na温度(k)		二次系Na温度(k)		伝熱管温度(k)	
	初期データ	収束解	初期データ	収束解	初期データ	収束解
N 1	651.15	651.09	649.23	649.17	650.19	650.13
N 2	699.98	700.11	698.70	699.47	699.34	699.47
N 3	732.60	732.82	731.74	732.39	732.17	732.39
N 4	754.38	754.58	753.81	754.30	754.10	754.30
N 5	768.93	769.05	768.55	768.67	768.74	768.86
最大偏差	N3	0.03%	N3	0.09%	N3	0.03%

	初期データ	収束解	偏差
一次系入口Na温度(k)	778.65	778.65	0.00%
一次系出口Na温度(k)	651.15	651.09	0.01%
二次系入口Na温度(k)	575.15	575.15	0.00%
二次系出口Na温度(k)	768.55	768.67	0.02%
総伝熱量(MW)	161.40	161.48	0.05%

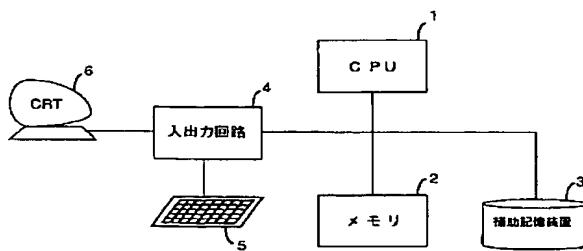
【図6】

条件: 4.0%定常

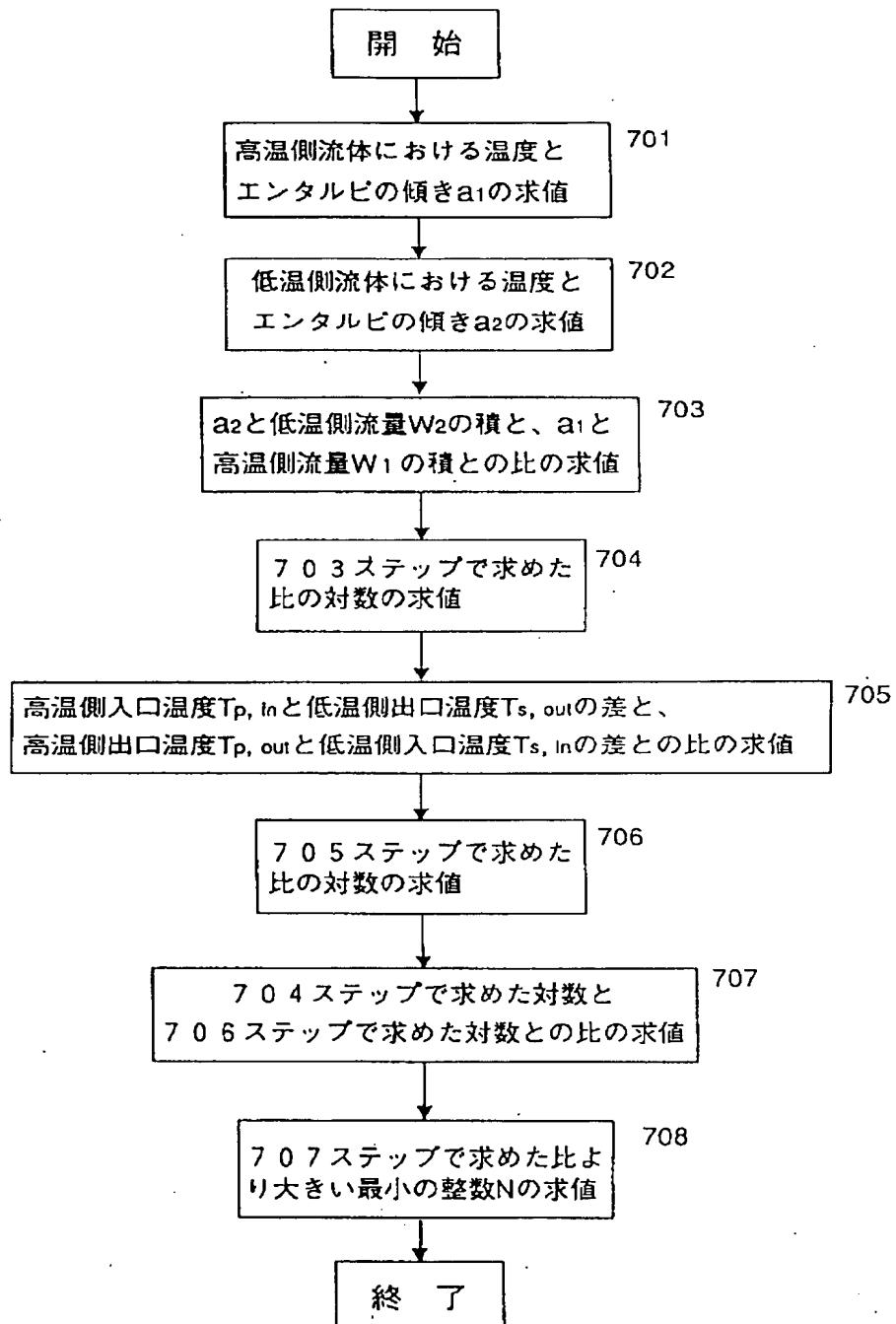
伝熱管番号	一次系Na温度(k)		二次系Na温度(k)		伝熱管温度(k)	
	初期データ	収束解	初期データ	収束解	初期データ	収束解
N 1	645.15	645.42	638.17	638.55	641.66	641.96
N 2	693.27	693.74	688.97	689.47	691.12	691.60
N 3	722.90	723.40	720.25	720.76	721.57	722.08
N 4	741.13	741.55	739.50	739.94	740.32	740.75
N 5	752.36	752.66	751.36	751.67	751.86	752.17
N 6	759.27	759.46	758.66	758.85	758.97	759.15
N 7	763.53	763.61	763.15	763.24	763.34	763.43
最大偏差	N3	0.07%	N2	0.07%	N3	0.07%

	初期データ	収束解	偏差
一次系入口Na温度(k)	766.15	766.15	0.00%
一次系出口Na温度(k)	645.15	645.42	0.04%
二次系入口Na温度(k)	763.15	763.24	0.01%
二次系出口Na温度(k)	556.15	556.15	0.00%
総伝熱量(MW)	106.55	106.32	0.22%

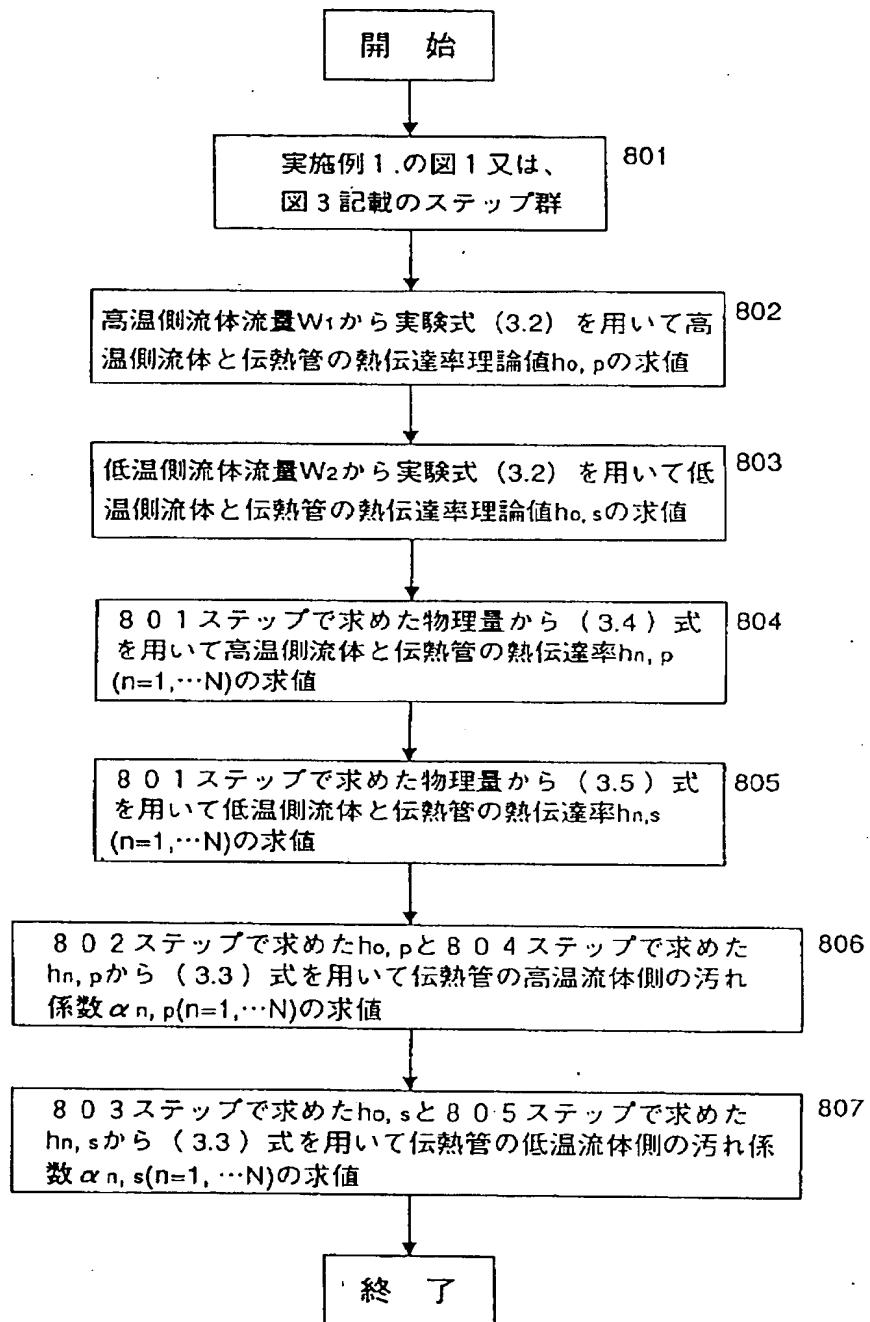
【図19】



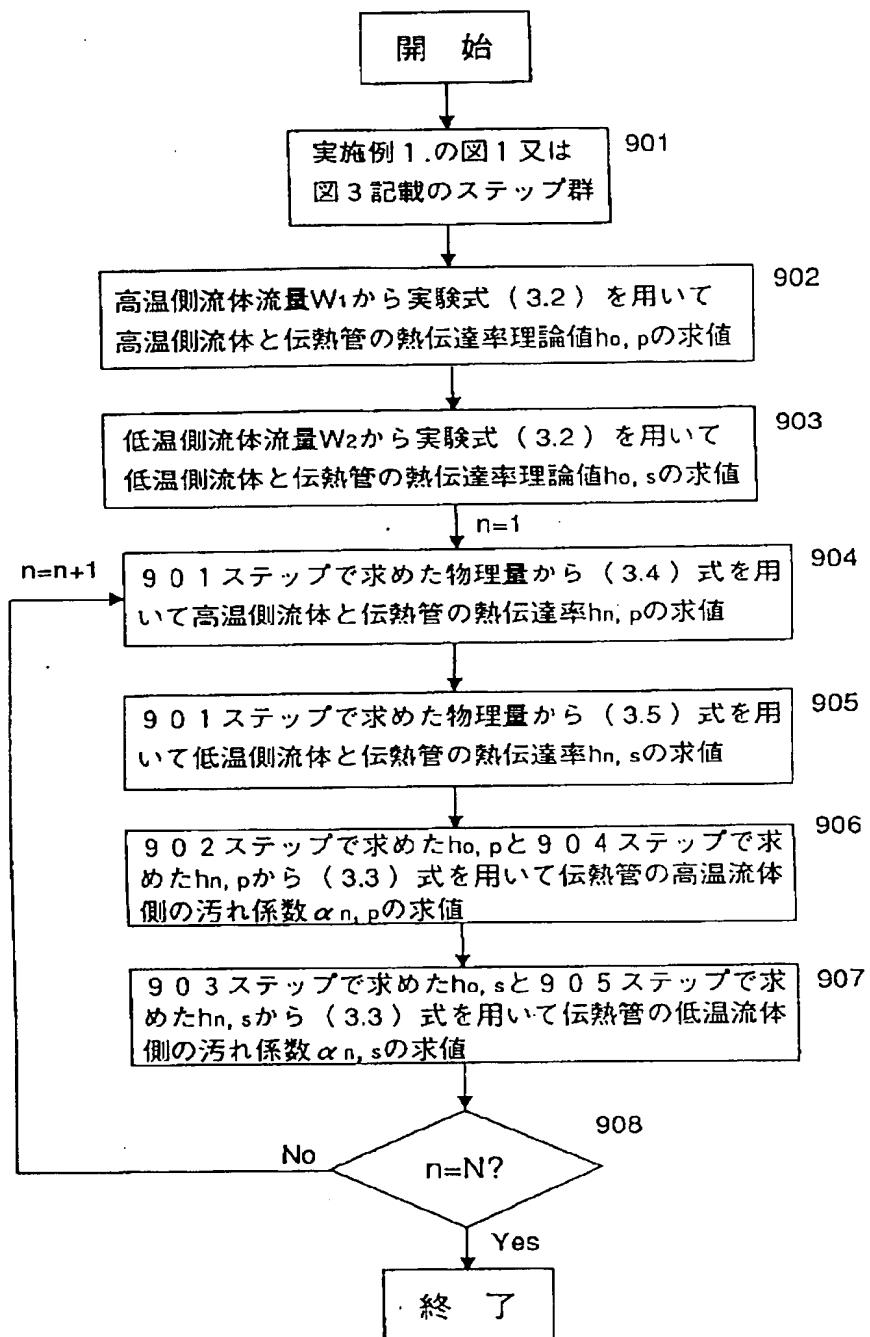
【図8】



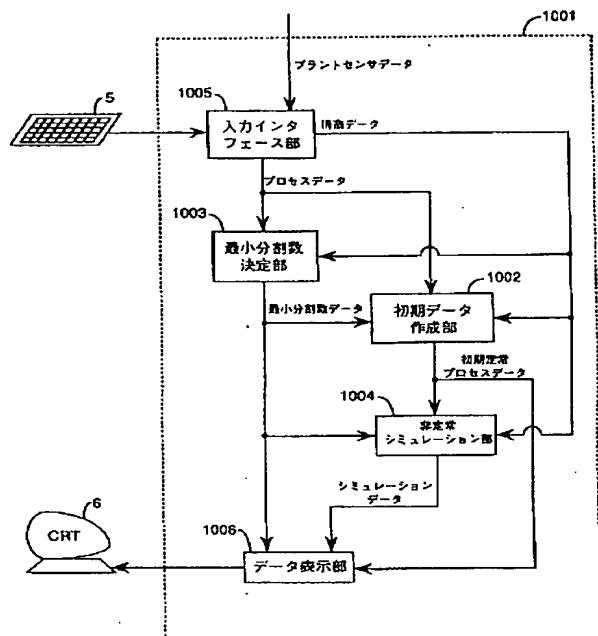
【図9】



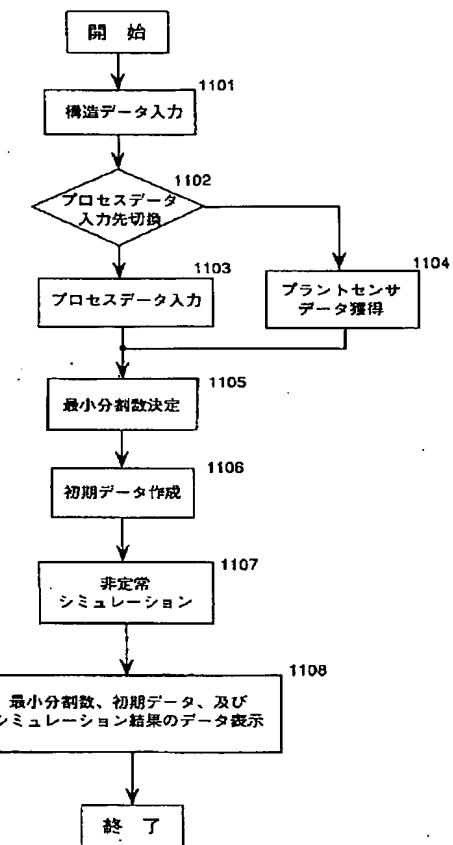
【図10】



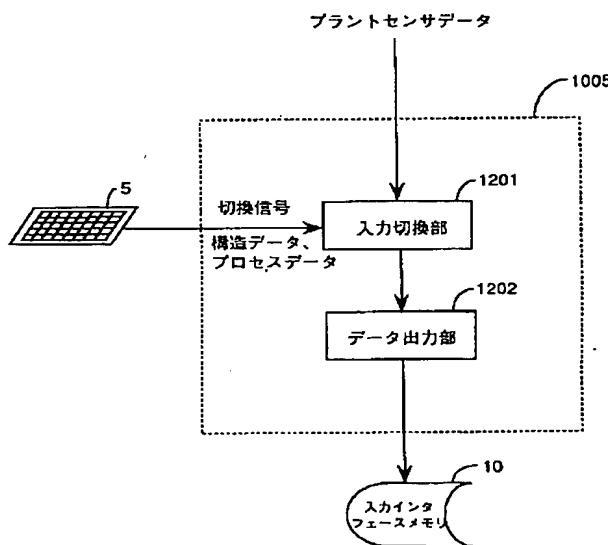
【図11】



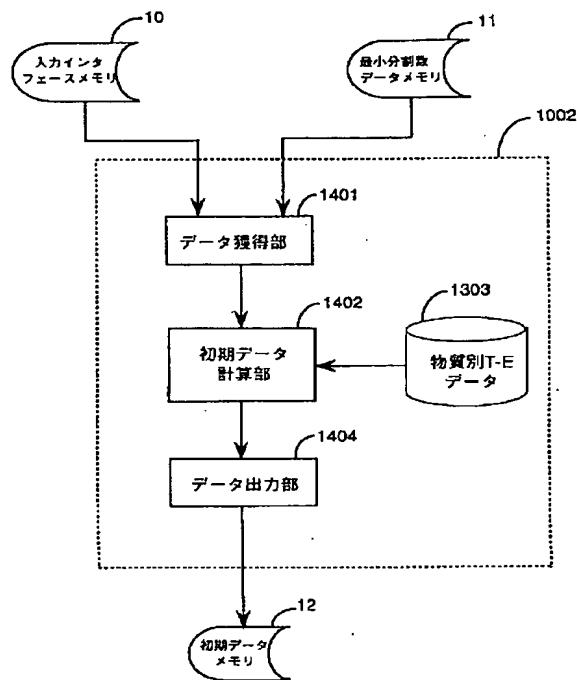
【図12】



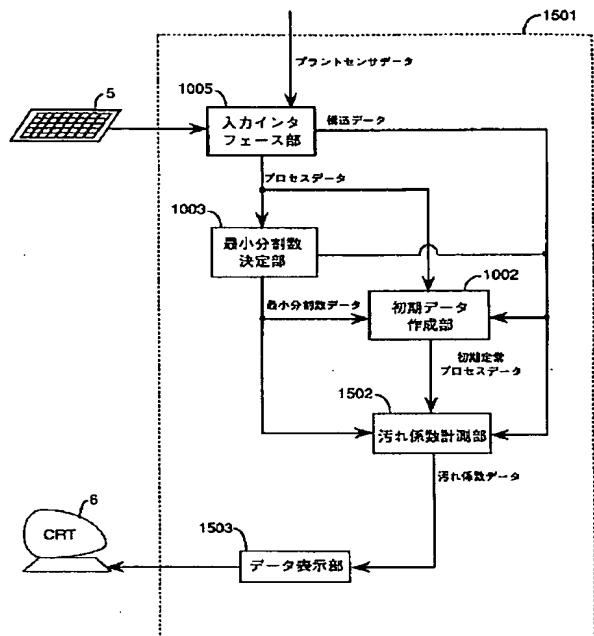
【図13】



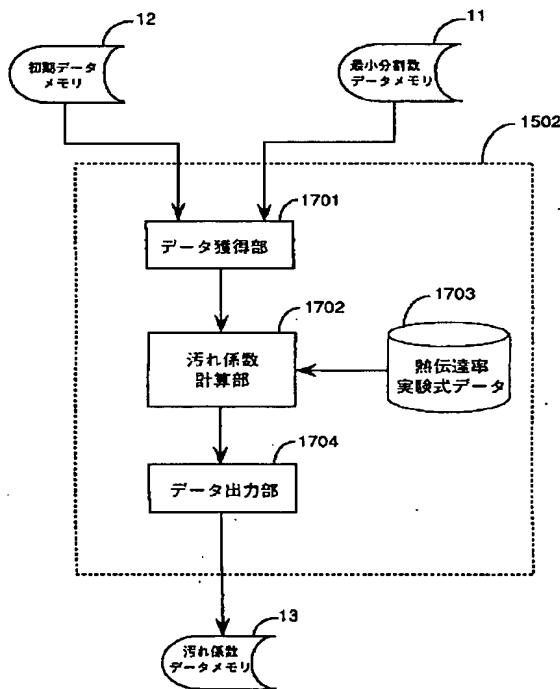
【図15】



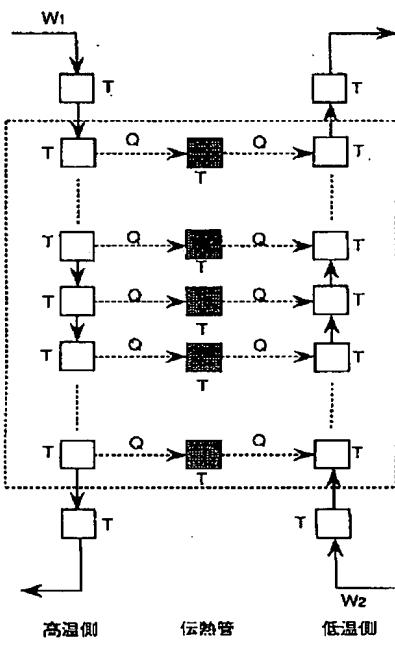
【図16】



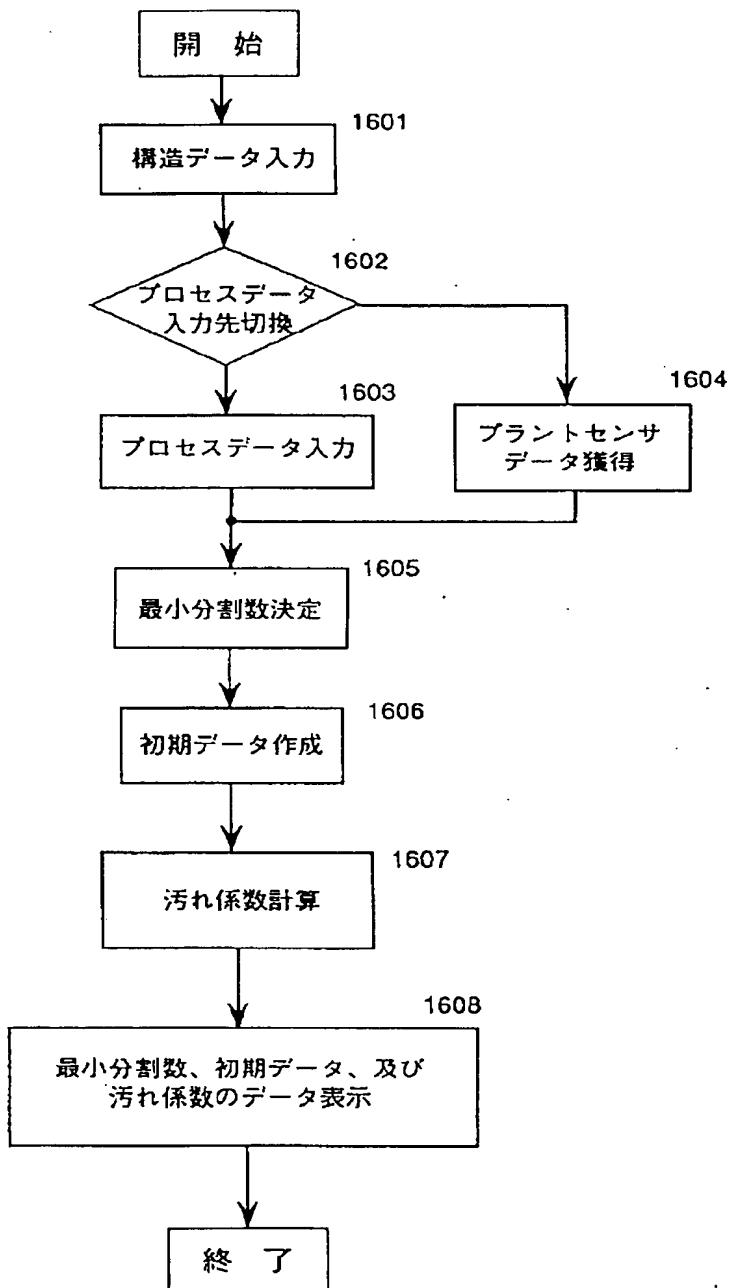
【図18】



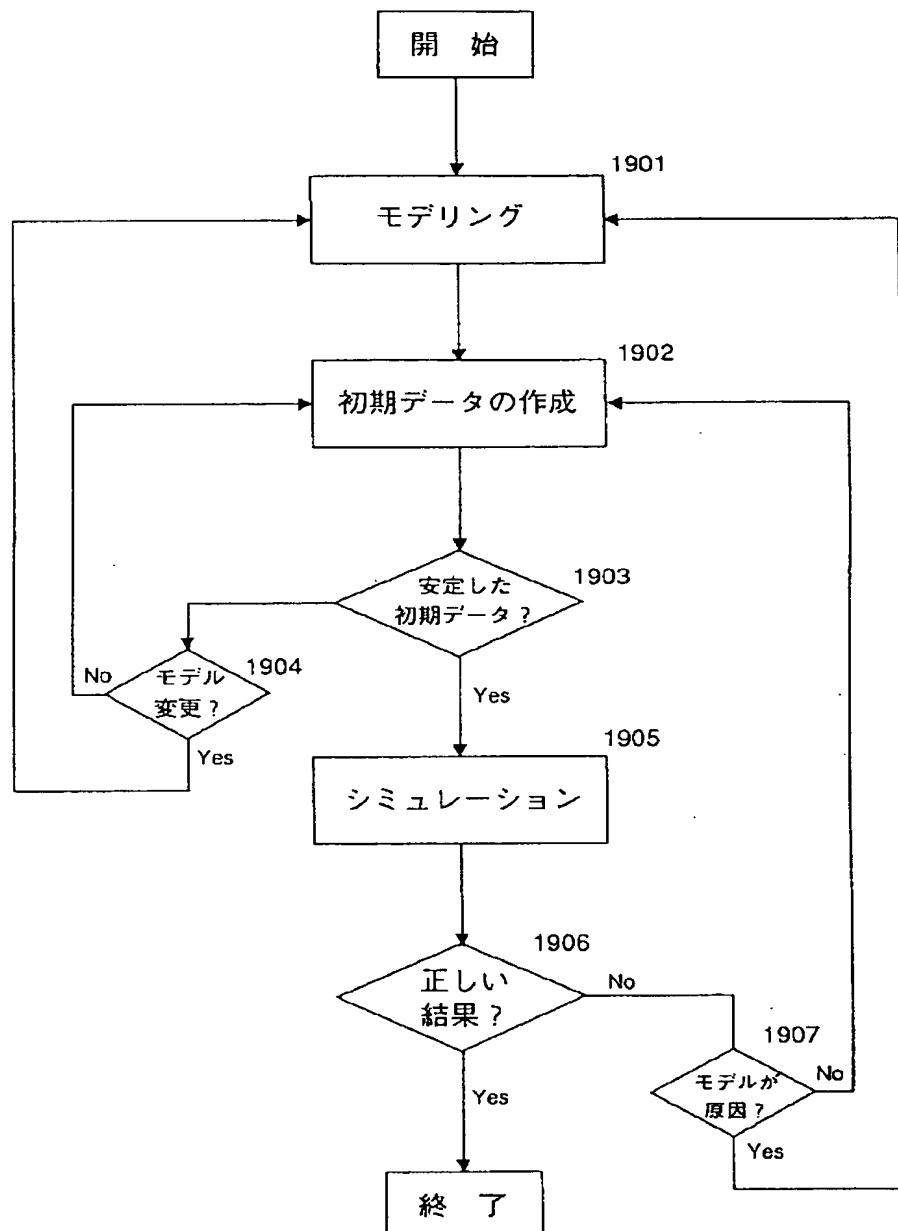
【図21】



【図17】



【図20】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

G 01 M 19/00  
 G 05 B 13/04  
 17/02

識別記号

Z  
 7531-3H  
 7531-3H

F I

技術表示箇所

G 0 5 D	23/00	A
	23/19	A
		J
G 0 9 B	9/00	B
G 2 1 C	15/02	R
	17/003	
// G 0 6 F	17/00	